Archive of SID

تولید کامپوزیت آلومیناید تیتانیم/آلومینا با استفاده از تف جوشی واکنش پذیر

علیرضا کمالی[1] و جواد فهیم[2]

چکیده

فرایند تف جوشی واکنش پذیر، گونه‌ای از روش‌های سنتز احتراقی برای سنتز مواد جدید است. در این تحقیق از این روش جهت تولید کامپوزیت آلومیناید تیتانیم/آلومینا از مواد اولیه دی اکسید تیتانیم و آلومینا استفاده شد. مطابق با نتایج به دست آمده، آسیاکاری مکانیکی مخلوط پودری اولیه به مدت ۲۰ ساعت موجب تولید ذرات کامپوزیتی مرکب از TiO_2/Al با ابعاد حدود ۱۰۰ نانومتر می‌شود. عملیات چگالش اولیه پودر مذکور به وسیله پرس ایزواستاتیک سرد شده و به دنبال آن اجرای فرایند تف جوشی منجر به تولید یک بدنه کامپوزیتی می‌گردد. کامپوزیت مزبور از دو فاز پیوسته آلومیناید تیتانیم و آلومینا تشکیل شده است.

کلمات کلیدی: تف جوشی واکنش پذیر- کامپوزیت- آلومیناید تیتانیم/آلومینا- چگالش- پرس ایزواستاتیک- سنتز احتراقی

۱- مقدمه

واکنش‌های میان فلزات واکنش‌گر و اکسیدهای فلزی منجر به تولید فازهای فلزی یا بین فلزی و دیگر اکسیدهای فلزی می‌شود. این فرایند به طرز گسترده‌ای در سنتز، جای مواد کامپوزیتی استفاده می‌شوند [۱-۴]. آلومینیوم به عنوان فلز واکنش‌گر از کاربرد گسترده‌ای در این زمینه برخوردار است. با توجه به هزینه نسبتاً پایین آلومینیوم و اکسیدهای فلزی، این روش سنتز مواد کامپوزیتی از جذابیت فزاینده‌ای در تولید مواد کامپوزیتی برخوردار است [۵]. اخیراً اثر عملیات آسیاکاری مکانیکی بر روی مخلوط فلز واکنش‌گر و اکسید فلزی مورد توجه محققان قرار گرفته است. استفاده از آسیاکاری مکانیکی پرانرژی به عنوان یک فرایند مؤثر جهت تولید پودر کامپوزیتی Al/TiO_2 گزارش شده است. همچنین به خوبی مشخص گردیده است هنگامی که یک مخلوط پودری (دو جزئی یا بیشتر) در یک آسیای مکانیکی پر انرژی، آسیاکاری شود ذرات پودری با یک مقدار کرنش زیاد به طور پلاستیکی تغییر شکل داده، شکسته شده و به طور پیوسته دچار جوش سرد می‌شوند. تکرار این فرایند منجر به ایجاد یک ساختار کامپوزیتی در هر یک از ذرات پودر می‌شود [۶]. امروزه، سنتز کامپوزیت‌های در جای $(Ti_xAly=Ti_3Al, TiAl)$ $Ti_xAl_y(O)/Al_2O_3$ به صورت بالک یا پودر، با استفاده از پودرهای ارزان قیمت TiO_2 و Al مورد اقبال تحقیقاتی می‌باشد [۶]. برای تولید کامپوزیت $TiAl/Al_2O_3$ واکنش زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷].

(۱)

$$3TiO_2+7Al=3TiAl+2Al_2O_3$$

در این تحقیق، نانوکامپوزیت آلومیناید تیتانیم/آلومینا به وسیله آسیاکاری گلوله‌ای پرانرژی مخلوط پودرهای اولیه TiO_2 و Al و سپس پرس سرد ایزواستاتیک مخلوط پودر کامپوزیتی و تف جوشی واکنش پذیر محصول پرس سرد شده در دماهای متفاوت تولید شد.

۲- مواد و روش تحقیق

در این تحقیق از پودر دی اکسید تیتانیم (خلوص ۹۹/۹۵ درصد، اندازه دانه کمتر از ۱۰۰μm، مرک) و پودر آلومینیوم

مقاله در تاریخ ۸۷/۷/۲ دریافت و در تاریخ۸۷/۱۰/۲۳ به تصویب نهایی رسید.

[1] **استادیار،** دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان- شاهین شهر

[2] **کارشناسی ارشد مواد،** دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان- شاهین شهر- پست الکترونیکی Javad.fahim@gmail.com

www.SID.ir

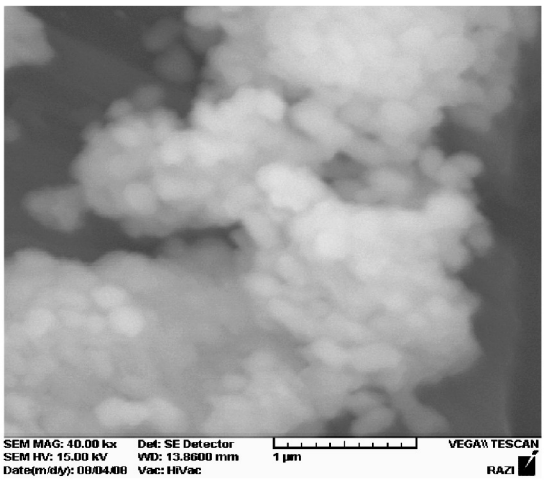
Archive of SID

(خلوص۹۹/۹۸ درصد، اندازه دانه کمتر از ۱۵۰μm، مرک) به عنوان مواد اولیه استفاده شد. در مرحله بعد عملیات آسیاکاری گلوله‌ای پر انرژی با استفاده از دستگاه فریتسچ مدل p_6 در محیط تر(هگزان) تحت دمش گاز خنثی آرگون بر روی پودرهای اولیه مذکور با نسبت گلوله به پودر ۵ به۱ در مدت زمان۲۰ ساعت انجام شد. سپس پودر به دست آمده با فشاری معادل ۵۰۰Mpa، به مدت زمان ۳۰ ثانیه، تحت فرایند پرس کاری ایزواستاتیک سرد قرار گرفت. سپس بدنه پرس سرد شده به قطر و ارتفاع ۲سانتی متر در یک کوره عملیات حرارتی همراه با دمش گاز خنثی آرگون و با نرخ گرمایش $15^{\circ}C/min$ ، در دماهای ۹۰۰ و ۱۳۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱ساعت تحت فرایند تف جوشی واکنش پذیر قرار گرفت. به منظور تعیین دمای واکنش از روش آنالیز حرارتی استفاده شد. بدین منظور، آنالیز حرارتی DTA[1] تحت دمش گاز خنثی آرگون، نرخ گرمایش $20^{\circ}C/min$ با استفاده از یک دستگاه DTA مدل NETZSCH STA 409 PC/PG انجام شد. همچنین بررسی‌های الگوی پراش اشعه ایکس بر روی پودرهای آسیاکاری شده و همچنین نمونه‌های کامپوزیتی بالک تولید شده به عمل آمد. در انتها نیز بررسی‌های میکروسکوپ نوری از محصولات تف جوشی شده و همچنین میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودرهای آسیاکاری شده و همچنین بدنه‌های کامپوزیتی تولید شده در طی تف جوشی واکنش پذیر انجام شد.

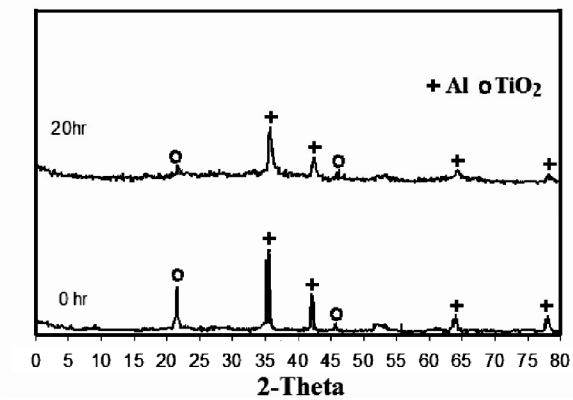
۳- نتایج و بحث

آسیاکاری گلوله ای پرانرژی

در شکل ۱، تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از مخلوط پودری TiO_2-Al آسیاکاری شده به مدت زمان ۲۰ ساعت ملاحظه می‌گردد. همان طور که مشاهده می‌شود طی مدت زمان۲۰ ساعت آسیاکاری، اندازه ذرات پودر به حدود ۱۰۰ نانومتر کاهش یافته است. در شکل ۲، الگوی پراش اشعه ایکس از پودر مزبور به همراه مخلوط پودر خام اولیه نشان داده شده است. ملاحظه می‌گردد که ۲۰ ساعت آسیاکاری موجب تشکیل هیچ ترکیب جدیدی نمی‌شود. در شکل ۳، نتایج آنالیز حرارتی به عمل آمده از مخلوط پودری آسیاکاری شده نشان داده شده است. یک پیک گرماگیر در دمای ۶۵۸ درجه سانتی گراد و یک پیک گرمازا در دمای ۶۸۳ درجه سانتی گراد در آنالیز مزبور مشاهده می‌شود. پیک گرماگیر اول مربوط به ذوب فلز آلومینیوم و پیک گرمازای دوم به واکنش میان آلومینیوم مذاب و دی اکسید تیتانیم مربوط است. این در حالی است که محققان دمای واکنش گرما زای مزبور را حدود ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد گزارش کرده‌اند [۸]. کاهش دمای مزبور، به واسطه انجام عملیات آسیاکاری گلوله‌ای و حصول ذرات نانومتری است.



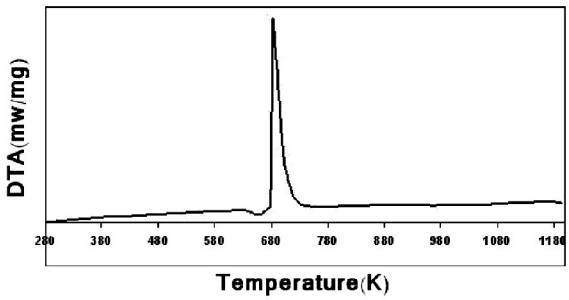
شکل ۱ تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از پودر ۲۰ ساعت آسیاکاری شده



شکل ۲ آنالیز پراش اشعه ایکس از پودر ۲۰ ساعت آسیاکاری شده در مقایسه با مخلوط پودری اولیه آسیاکاری نشده

www.SID.ir

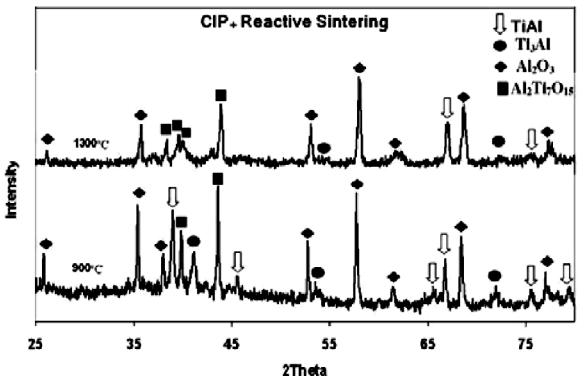
Archive of SID



شکل ۳ آنالیز حرارتی بعمل آمده از مخلوط TiO_2-Al، ۲۰ ساعت آسیا شده

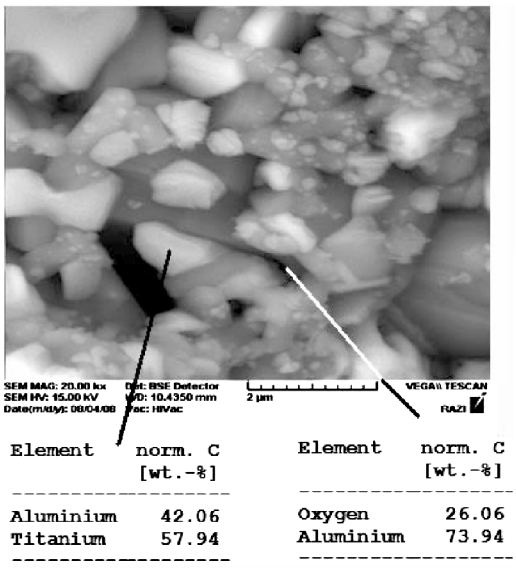
فرایند پرس سرد ایزواستاتیک و تف جوشی واکنش پذیر

در این مرحله، جهت تولید نانوکامپوزیت آلومیناید تیتانیم/آلومینا ، پودر ۲۰ ساعت آسیاکاری و پرس شده در دمای ۹۰۰ و ۱۳۰۰°C تحت تف جوشی واکنش پذیر قرار گرفت. در شکل۴، نتایج آنالیز XRD از نمونه‌های استوانه‌ای تف جوشی شده در دماهای ۹۰۰°C و ۱۳۰۰°C ملاحظه می‌گردد. نتایج مذکور گویای تشکیل کامپوزیتی متشکل از فازهای آلومیناید تیتانیم (Ti_3Al و TiAl) و آلومینا (Al_2O_3) و همچنین ترکیب سه تایی $Al_2Ti_7O_{15}$ می‌باشد. ترکیب سه تایی اخیر احتمالاً در فصل مشترک دو فاز آلومیناید تیتانیم و آلومینا تشکیل گردیده است.



شکل ۴ نتایج الگوی پراش اشعه ایکس از نمونه های استوانه‌ای تف جوشی شده در دماهای ۹۰۰°C و ۱۳۰۰°C

در شکل ۵، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه‌های استوانه‌ای تف جوشی شده در دمای ۹۰۰°C ارایه شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد، ماده مذکور متشکل از ۲ فاز تیره و روشن می‌باشد مطابق با نتایج آنالیز EDX فاز روشن از جنس آلومیناید تیتانیم و فاز تیره از جنس آلومینا می‌باشد.



شکل ۵ تصویر SEM از کامپوزیت تولیدی و آنالیز EDX از فازهای موجود

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق تولید کامپوزیت آلومیناید تیتانیم/آلومینا به وسیله واکنش گرمازای بین مخلوط TiO_2/Al آسیاکاری شده مد نظر قرار گرفت. نتایج زیر ماحصل این تحقیق است:

۱- انجام ۲۰ ساعت آسیاکاری مکانیکی بر روی پودر اولیه TiO_2 و Al در محیط تر، منجر به تشکیل هیچ فاز جدیدی نمی‌گردد.

۲- انجام ۲۰ ساعت آسیاکاری مکانیکی، منجر به تولید پودری با ابعادی در حدود ۱۰۰ نانومتر می‌گردد.

۳- با استفاده از آنالیز DTA دمای واکنش میان TiO_2 و Al پس از ۲۰ ساعت آسیاکاری در حدود۶۸۰ درجه سانتیگراد تعیین شد.

۴- فرایند تف جوشی پودر ۲۰ ساعت آسیاکاری شده منجر به تشکیل کامپوزیتی متشکل از فازهای آلومیناید تیتانیم و آلومینا می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

۵- پی نوشت

[1] Differential Thermal Analysis

مراجع

[1] Wang L.L., Munir Z.A. and Maximov Y.M., "*Thermit reactions:Their utilization in the synthesis and processing of mterials*", Jornal of Mater. Sci. ,Vol. 28, **1993**, pp. 3693-3708.

[2] Claussen N., Garcia D.E. and Jessen R., "*Reaction sintering of alumina-aluminide alloys (3A)*" , Jornal of Mater. Res., Vol. 11, **1996**, pp. 219-224.

[3] Zhang D. L.,Ying D.Y. and Munroe P.,"*Formation of Al_2O_3 During heating of an Al/TiO_2 nanocomposite powder*", Journal of Materials research Society, Vol. 20, **2005,** pp. 307-313.

[4] Ying D.Y., Zhang D. L. and Newby M., "*Solid state reactions during heating mechanically milled Al/TiO_2 Composite powders*", Journal of metallurgical and Materials TransactionsA, Vol. 35, No. 7, **2004**, pp. 2115-2125.

[5] Cai Z.H. and Zhang D.L., "*Sintering behaviour and microstructures of Ti(Al,O)/Al_2O_3, $Ti_3Al(O)/Al_2O_3$ and $TiAl(O)/Al_2O_3$ in situ composites*",Materials Science and Engineering, Vol. 419, **2006** , pp. 310-317.

[6] Horvitz D., Gotman I. and Gutmanas E.Y., Claussen N., "*In situ processing of dense Al_2O_3-Ti aluminide interpenetrating phase composites*", Journal of the European Ceramic Society, Vol. 22, **2002** , pp. 947-954.

[7] Travitzky N., Gotman I. and Claussen N., "*Alumina- Ti aluminide interpenetrating composites: microstructure and mechanical properties*", Materials Letters, Vol. 57, **2003**, pp. 3422-3426.

[8] Zhang D.L., Cai Z.H. and Adam G., "*The Mechanical Milling of Al/TiO_2 composite powders*", JOM,February, **2004**, pp.53-56.

www.SID.ir